

Endotoxin och bakterieenzym i reningsverk för avloppsvatten

Ragnar Rylander



Svenskt Vatten Utveckling

Svenskt Vatten Utveckling (SV-Utveckling) är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna, vilket är unikt på så sätt att statliga medel tidigare alltid använts för denna typ av verksamhet.

SV-Utveckling (fd VA-Forsk) initierades gemensamt av Svenska Kommunförbundet och Svenskt Vatten. Verksamheten påbörjades år 1990. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning och utveckling inom det kommunala VA-området. Projekt bedrivs inom hela det VA-tekniska fältet under huvudrubrikerna:

Dricksvatten
Ledningsnät
Avloppsvatten
Ekonomi och organisation
Utbildning och information

SV-Utveckling styrs av en kommitté, som utses av styrelsen för Svenskt Vatten AB. För närvarande har kommittén följande sammansättning:

Anders Lago, ordförande	Södertälje Kommun
Olof Bergstedt	Göteborg Vatten
Roger Bergström	Svenskt Vatten AB
Per Fåhraeus	Varbergs Kommun
Carina Färm	Mälarenergi AB
Daniel Hellström	Svenskt Vatten AB
Mikael Medelberg	Roslagsvatten AB
Marie Nordkvist Persson	Sydvatten AB
Lars-Gunnar Reinius	Stockholm Vatten AB
Bo Rutberg	Sveriges Kommuner och Landsting
Ulf Thysell	VA SYD
Susann Wennmalm	Käppalaförbundet
Fred Ivar Aasand	Norsk Vann, adjungerad

Författaren är ensam ansvarig för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

Svenskt Vatten Utveckling
Svenskt Vatten AB
Box 47 607
117 94 Stockholm
Tfn 08-506 002 00
Fax 08-506 002 10
svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se

Svenskt Vatten AB är servicebolag till föreningen Svenskt Vatten.

Rapportens titel:	Endotoxin och bakterieenzym i reningsverk för avloppsvatten
Title of the report:	Investigation of endotoxin and bacterial enzyme in sewage treatment plants
Rapportens beteckning Nr i serien:	2009-01
Författare:	Ragnar Rylander, BioFact Environmental Health Research Center.
Projekt nr:	27-108
Projektets namn:	Undersökning av endotoxin och bakterieenzym i reningsverk.
Projektets finansiering:	Svenskt Vatten Utveckling
Rapportens omfattning Sidantal: Format:	19 A4
Sökord:	endotoxin, reningsverk, inflammation, virus, bakterier, trötthet
Keywords:	endotoxin, sewage treatment plant, inflammation, virus, bacteria, tiredness
Sammandrag:	Mätningar av endotoxin och bakterieenzym vid olika arbetsplatser på avloppsreningsverk visade höga värden vid platser där vattnet agiterades eller där underhållsarbeten pågick. Mätning av bakterieenzym är enkelt och kan användas som översiktligt riskvärdering för exponering via inandning.
Abstract:	Measurements of endotoxin and bacterial enzymes in sewage treatment plants demonstrated high values where the water was agitated or during maintenance. Measurements of bacterial enzymes are easy to perform and could be used for risk assessment of airborne exposure to sewage water.
Målgrupper:	Anställda och driftspersonal vid avloppsreningsverk, företagshälsovård.
Omslagsbild:	Bassänger vid reningsverk – här är risken låg. Foto: Ragnar Rylander
Rapporten:	finns att hämta hem som PDF-fil från Svenskt Vattens hemsida www.svensktvatten.se
Utgivningsår:	2009
Utgivare:	Svenskt Vatten AB © Svenskt Vatten AB

Innehåll

Sammanfattning	4
Summary	5
1 Bakgrund.....	6
2 Projektets målsättning	7
3 Material och metoder	8
3.1 Luftprovtagning	8
3.2 Analyser	8
3.3 Reningsverk	9
4 Resultat	10
4.1 Metodprovningar.....	10
4.2 Provtagning med OMNI	10
4.3 Provtagning med filter.....	11
5 Kommentarer	13
5.1 Metodfrågor	13
5.2 Provtagningsresultat.....	13
6 Riskvärdering – bakterieenzym eller endotoxin?	15
7 Rekommendation	16
8 Referenser.....	17
Bilaga • Metodprovningar.....	18
1 Jämförelse av olika filter	18
2 Lagringstid.....	19

Sammanfattning

Arbete i reningsverk kan ge upphov till medicinska effekter framför allt i form av mag-tarmsymptom, ovanlig trötthet, ledvärk och irritation i luftvägarna. (Hälsorisker till följd av exponering för mikroorganismer vid arbete i reningsverk”, VA Forskningsrapport 2005-06).

Effekterna uppkommer genom kontakt med avloppsvatten samt genom inandning av aerosoliserat (luftburet) avloppsvatten. Detta innehåller en stor mängd olika typer av mikroorganismer, huvudsakligen i naturen förekommande sk Gramnegativa bakterier men också tarmbakterier och tarmvirus från människan. Det är troligt att många av de besvär som rapporterats i samband med arbete i reningsverk förorsakas av endotoxiner från Gramnegativa bakterier. Vissa symptom särskilt från mag-tarmkanalen förorsakas av olika typer av virus i avloppsvattnet.

I forskningsprogrammet har mängden luftburet bakterieenzym och endotoxin bestämts vid olika arbetsplatser. Luftprov har tagits med filter och mängden enzym bestämts direkt på filtret. Resultaten visar att mängderna luftburet bakterieenzym varierade kraftigt mellan olika arbetsplatser. Höga värden fanns vid de arbetsplatser där avloppsvattnet agiterades. Det fanns inget samband mellan mängderna luftburet bakterieenzym och endotoxin.

Den enklaste metoden för att beskriva risken för exponering av avloppsvatten i luften att identifiera arbetsplatser där aerosolbildning kan förekomma. Vid sådana arbetsplatser kan såväl mängden endotoxin som mängden bakterieenzym vara hög och medicinska effekter kan uppträda.

Mängden luftburet bakterieenzym beskriver risken för exponering för avloppsvatten i luften (aerosoler) vid olika arbetsplatser. Mätningar av bakterieenzym är särskilt lämpliga för att säkerställa effekten av olika tekniska åtgärder t ex installation av ventilation eller för att beskriva risken för exponering och sålunda motivera arbetstagare att vidta skyddsåtgärder. Om man påvisar låga värden bakterieenzym innebär det i regel en låg exponeringsrisk också för endotoxin. I vissa fall kan det till följd av inaktivering av bakterieenzymet fortfarande innebära en hög exponering för endotoxin. I sådana fall kan kompletterande mätningar av endotoxin vara av värde för en fullständig värdering av exponeringsrisken.

Summary

Work in sewage treatment plants may cause medical problems particularly gastro-intestinal symptoms, unusual tiredness, joint pains and irritation in the airways (see report *Hälsorisker till följd av exponering för mikroorganismer vid arbete i reningsverk*”, VA Forskningsrapport 2005-06).

The effects are caused by inhalation of aerosolized sewage water. This contains a large number of different microorganisms, mainly so called Gram-negative bacteria which are abundant in nature and also originate from the human gut flora, and viruses. It is likely that many of the symptoms that develop in connection with work at sewage treatment plants are caused by endotoxins from Gram-negative bacteria. Certain symptoms particularly those from the gastro-intestinal tract are caused by viruses.

In the present research programme the amount of airborne bacterial enzyme and endotoxin has been determined at different work sites in sewage treatment plants. Airborne samples were taken with filters and the amount of enzyme was determined directly on the filter. The results demonstrate that the amount of bacterial enzyme varied greatly between different work sites. High values were found at sites where the water or sludge was agitated. There was no relationship between airborne bacterial enzyme and endotoxin.

The simplest method to describe work related risks due to airborne sewage water is to identify work sites where the water is agitated. At such work sites the amount of bacterial enzyme as well as endotoxin are elevated and there is a risk of medical effects.

The amount of bacterial enzyme describes the risk of exposure at different work sites. Measurements of enzymes are particularly appropriate to ascertain the effect of different technical measures to decrease exposure or to illustrate the risk of exposure and motivate workers to undertake protective actions. If one finds low values of bacterial enzyme this generally means a low risk also for endotoxin exposure. In certain cases the level of endotoxin might be high in spite of low amounts of bacterial enzyme due to deactivation of the latter. In such cases measures of endotoxin might be considered.

1 Bakgrund

Arbete i reningsverk kan ge upphov till besvär framför allt i form av mag-tarmsymptom, ovanlig trötthet, ledvärk och irritation i luftvägarna. Dessa slutsatser grundas på flera omfattande undersökningar i svenska reningsverk samt översikter av den internationella vetenskapliga litteraturen [1–4]. Dokumentationen finns sammanställd i rapporten "Hälsorisker till följd av exponering för mikroorganismer vid arbete i reningsverk", VA Forskningsrapport 2005–06.

Arbete i reningsverk innebär kontakt med samt inandning av aerosoliserat (luftburet) avloppsvatten. Detta innehåller en stor mängd olika typer av mikroorganismer, huvudsakligen i naturen förekommande sk Gramnegativa bakterier men också tarmbakterier och tarmvirus från människan. Det har tidigare visats att denna exponering kan ge upphov till olika besvär särskilt från mag-tarmkanalen. Det är troligt att många av de besvär som rapporterats i samband med arbete i reningsverk förorsakas av endotoxiner från Gramnegativa bakterier. Vissa symptom särskilt från mag-tarmkanalen kan förorsakas av olika typer av virus som också finns i avloppsvattnet. Mätningar av mängden luftburet endotoxin har använts för att kartlägga riskerna i reningsverk. Resultaten från sådana mätningar visar att hög exponering förekommer särskilt vid arbetsmoment där vattnet är i rörelse och i samband med rengöring och reparationer samt i pumpgropar och vid slamhantering [5].

Mängden luftburet endotoxin kan bestämmas med filterprovtagning och analys med den sk Limulusmetoden. Den är specifik för endotoxin och har en hög känslighet i storleksordningen 1 picogram/prov. Metoden är dock tekniskt relativt komplicerad och resultaten mellan olika laboratorier kan variera [6]. Detta är en av orsakerna till att något gränsvärde för endotoxin ännu inte införts.

Ett alternativ till mätning av mängden luftburet avloppsvatten är att bestämma mängden bakterieenzym. Detta ger ett mått på den totala exponeringen för bakteriemassa inklusive Gram-negativa bakterier.

2 Projektets målsättning

Projektets målsättning var att undersöka om 1) mätningar av mängden luftburet bakterieenzym i reningsverk kunde användas som en riskindikator för exponering för avloppsvatten och 2) om mängden bakterieenzym samvarierade med mängden endotoxin. Prov togs i luften i olika reningsverk och mängderna endotoxin och bakterieenzym bestämdes i samma prov. Projektet har inneburit ett 50-tal besök på 7 olika reningsverk med mer än 200 prover med olika tekniker och olika filter.

3 Material och metoder

3.1 Luftprovtagning

Eftersom det inte fanns någon information om mängderna bakterieenzym i luften användes i den första delen av undersökningen en metod med stor luftvolym (OMNI 3000, Evogen Inc, Kansas City, MI, USA). Apparaten består av en cylinder till vilken sugas 10 mL sterilt vatten. Vätskan bringas att rotera på insidan av cylindern. Luft sugas in i cylindern genom en smal öppning och partiklar i luften fastnar i vätskeskiktet på insidan. Efter provtagningen sugas vätskan tillbaka till behållaren. Luftflödet genom cylindern är 300 liter/min och vid varje provtagning insamlades 3 m³ luft.

Det fanns påvisbara mängde bakterieenzym i luftprov med denna metod varför möjligheten att ta luftprover med en enkel filterteknik med en provtagningsvolym på 30 L/minut under 15 minuter (provtagningsvolym 300 L) prövades i den andra delen av projektet.

Det insamlade luftprovet skiljer sig mellan de olika metoderna i så motto att aerosolen med impingermetoden extraheras i vatten under kraftig omrörning medan den med filtermetoden uppsamlas i torrt skick och utsätts för en kraftig luftström.

3.2 Analyser

Vätskan från OMNI och filtren analyseras för endotoxin med Limulusmetoden (kromogen version, kinetisk avläsning, Ass Cape Cod, Falmouth, MA, USA). Metoden innebär att ett enzym från krabban Limulus sätts till provet. Om det finns endotoxin aktiveras krabbenzymet och reaktionen ger ett färgomslag i ett samtidigt tillsatt reagens. Analyserna utfördes av Mycometer ApS, Köpenhamn, Danmark. Resultaten uttrycktes som ng endotoxin/m³ luft.

För analys av bakterieenzym användes BactiQuant-metoden (Mycometer ApS, Köpenhamn, Danmark) som bestämmer mängden av bakterieenzymet hydrolas. Vätskan från OMNI-apparaten samlades upp på ett filter och ett enzymsubstrat tillsattes. Vid filterprovtagningen sattes substratet direkt till filtret. Efter en inkubationstid på 1 timme tillsattes en framkallare och fluorescensen hos vätskan avlästes. Resultaten uttrycktes som enzymEnheter (enzym E/m³ luft). Analyserna gjordes vid BioFact.

Under undersökningens gång upptäcktes att enzymaktiviteten avtog vid lagring av filtren (se bilaga). De resultat som redovisas i det följande härstammar från analyser som gjorts samma dag som provtagningen ägt rum.

Vid jämförelse av resultat från bestämning av endotoxin och bakterieenzym gjordes analyserna på samma prov (OMNI-vätska eller filter)

3.3 Reningsverk

Undersökningar utfördes i reningsverken i Floda, Göteborg (Rya), Höör, Lerum, Skene och Svedala. På varje reningsverk identifierades ett antal arbetsplatser där exponeringen för luftburet avloppsvatten var olika t ex platser nära inlopp, vid bearbetning av slam och intill bassänger utan vattenrörelser. Urvalet av arbetsplatser gjordes enbart för att få olika exponeringsgrader och är inte representativt för de allmänna förhållandena vid de olika reningsverken.

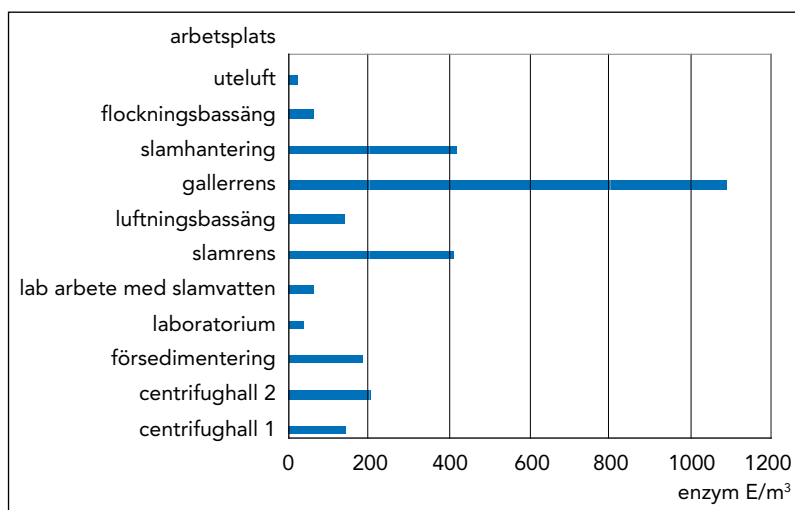
4 Resultat

4.1 Metodprövningar

Resultat från rena metodprövningar (test av olika filter, lagringstemperatur) redovisas i bilaga.

4.2 Provtagning med OMNI

Mätningar av luftburet endotoxin och bakterieenzym med OMNI-insamling gjordes på olika arbetsplatser i 5 reningsverk. Sammanlagt gjordes 49 mätningar. Figur 4-1 visar exempel på mängden luftburet bakterieenzym vid olika arbetsplatser.

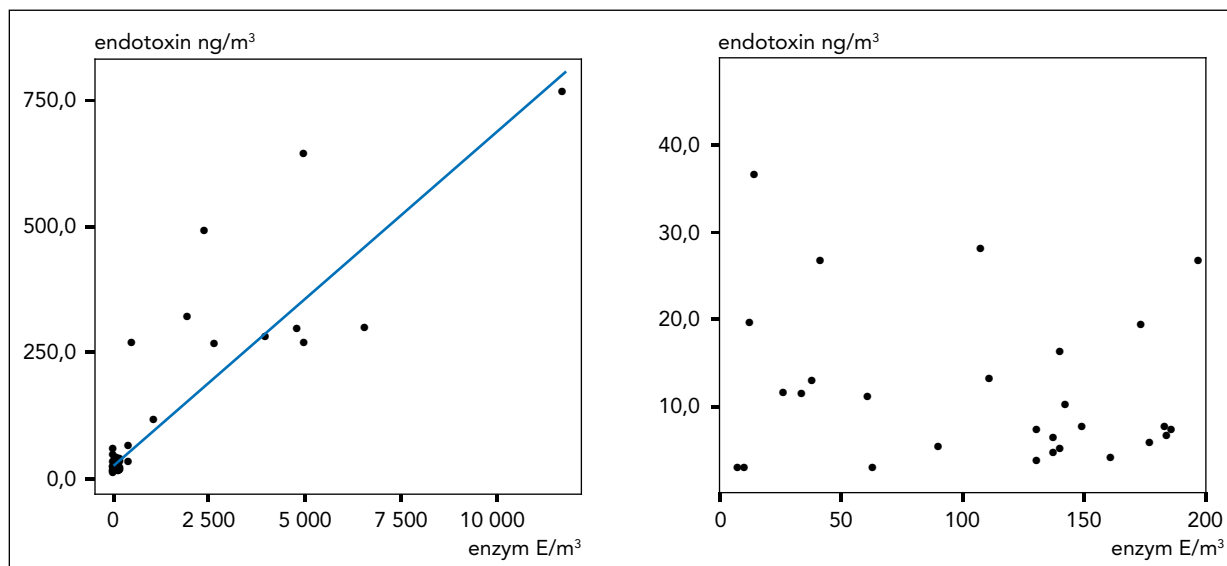


Figur 4-1 Mängden bakterieenzym vid olika arbetsplatser i reningsverk (OMNI-provtagning).

Figuren visar att mängderna luftburet bakterieenzym varierade kraftigt mellan olika arbetsplatser. Höga värden fanns vid de arbetsplatser där avloppsvattnet var i rörelse. Detta stämmer med tidigare undersökningar av endotoxiner i reningsverk [5].

Figur 4-2 visar sambandet mellan luftburet endotoxin och bakterieenzym.

Den vänstra bilden visar att det fanns ett samband mellan endotoxin och bakterieenzym men att variationen vid ett visst endotoxinvärde var stor. Vid de värden på endotoxin som är av störst intresse för ett gränsvärde (högra bilden) fanns det inte något statistiskt samband mellan mängderna endotoxin och bakterieenzym.



Figur 4-2 Luftburet endotoxin och bakterieenzym i reningsverk (OMNI-provtagning)

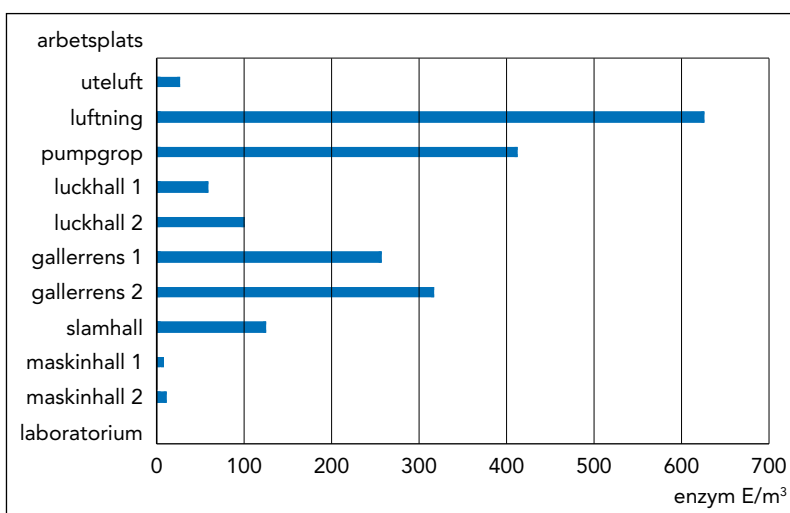
4.3 Provtagning med filter

Under försökets gång visade det sig att aktiviteten hos bakterieenzymet avtog snabbt vid förvaring i rumstemperatur (se bilaga). Vid de fortsatta försöken förvarades filtren under kyla och analyserades samma dag som provtagningen ägde rum.

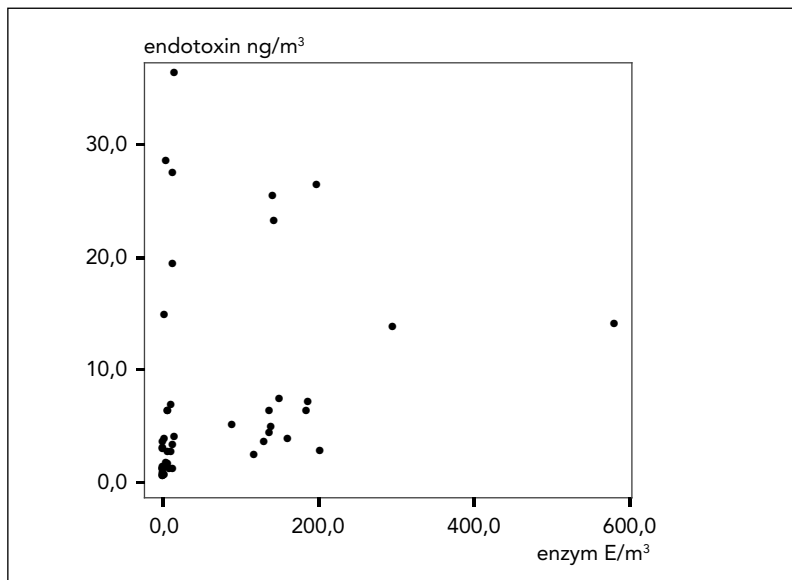
Figur 4-3 visar mängden luftburet bakterieenzym med filterprovtagning vid olika arbetsmoment i reningsverk.

I likhet med resultaten från OMNI-provtagningen varierade mängden bakterieenzym mellan olika arbetsplatser med höga värden där avloppsvattnet agiterades. Vid upprepade mätningar på samma arbetsplats var värdena i stort sett lika.

Figur 4-4 visar resultaten från mätningar av endotoxin och bakterieenzym med glasfiberfilter på 45 olika platser i olika reningsverk.



Figur 4-3 Mängden bakterieenzym vid olika arbetsplatser i reningsverk (filter-provtagning).



Figur 4-4 Luftburet endotoxin och bakterieenzym i reningsverk (filter-provtagning)

Det framgår av figuren att det inte fanns något samband mellan mängden endotoxin och mängden bakterieenzym.

5 Kommentarer

5.1 Metodfrågor

Insamling av luftprover gjordes med två olika metoder – en vätskeimpingermetod (OMNI-apparat) och en filtermetod. Till följd av olikheter i hur luftprovet behandlas (intensiv omrörning i vätska eller i torrt tillstånd på filter) samt olikheter i analysförfarandet mellan vätska och filter är inte värdena från dessa metoder likställda. Behandlingen av luftprovet med i det ena fallet intensiv vätskepåverkan och i det andra fallet torra förhållanden på ett filter kan teoretiskt påverka enzymaktiviteten på olika sätt. Av resultaten framkommer att de absoluta mängderna bakterieenzym var högre då proven insamlades med vätskemethoden vilket kan bero på skillnaderna i insamlingsteknik. Vid rutinmässig användning av metoden för riskbedömning görs dock jämförelser mellan olika arbetsplatser med samma teknik varför dessa skillnader inte är av betydelse.

Beträffande provtagningen innebär OMNI-apparaten insamling av en stor luftvolym vilket är en fördel när små mängder av ett ämne skall påvisas. Erfarenheterna från projektet visar dock att bakterieenzym förekommer i mängder som kan påvisas också med lägre luftvolymmer såsom vid filterprovtagning. Vätskebehållaren i OMNI-apparaten lämpar sig inte för förvaring längre tider – i ett av försöken i projektet påvisades mycket höga mängder av endotoxin och bakterieenzym, troligen beroende på bakterietillväxt i vätskebehållaren. OMNI-apparaten är dyr och tekniskt komplicerad varför den inte kommer att kunna bli ett allmänt tillgängligt instrument för provtagning.

Beträffande filterprovtagningen gjordes denna med en luftvolym på 300 liter. Denna volym var fullt tillräcklig för att få mätbara mängder endotoxin och bakterieenzym. Erfarenheterna från försöket visar att aktiviteten hos bakterieenzym på filter avtar vid lagring. För att få korrekta värden skall filtren förvaras frysta eller analyseras samma dag. Analysen av bakterieenzym var lätt att genomföra och resultaten var reproducerbara. I motsats till analys av endotoxin behöver metoden för analys av bakterieenzym inte sterilitet eller speciell behandling av glasvaror varför den kan sättas upp på reningsverkets eget laboratorium.

5.2 Provtagningsresultat

Resultaten visar att luftburet bakterieenzym förekom vid olika arbetsplatser i reningsverk. Mängden beror på aktiviteterna med högre värden där avloppsvattnet eller slammet agiterats eller är i rörelse. Mängden bakterieenzym kan därför användas som en riskindikator på exponering för avloppsvatten. Däremot var sambandet mellan bakterieenzym och endotoxin inte tillräckligt starkt för att bakterieenzym skulle kunna användas som indikator på endotoxin. Frånvaron av ett starkt samband kan bero på flera faktorer.

Det bakterieenzym som bestämts i projektet finns också hos Gram-positiva bakterier i motsats till endotoxin som härstammar enbart från Gram-negativa bakterier. Även om dessa utgör en stor del av bakteriemassan i avloppsvatten finns det andra typer av bakterier som inte har endotoxin men som innehåller enzym. Variationer mellan proportionen av olika bakterieslag påverkar sålunda förhållandet mellan endotoxin och bakterieenzym och kan vara en orsak till det svaga sambandet.

Det är också möjligt att endotoxin kan förekomma fritt i avloppsvattnet och sålunda aerosoliseras utan att det uppkommer luftburen bakteriemassa. Endotoxin är en mycket motståndskraftig substans medan bakterieenzym är känsligt. Resultaten visar att enzymaktiviteten minskar snabbt i rumstemperatur. Processer i samband med att avloppsvattnet agiteras till luftburna partiklar t ex oxidering, uttorkning och andra fysikaliska processer kan påverka bakteriernas överlevnad och därmed också enzymaktiviteten medan endotoxinet inte påverkas.

Förutom de här diskuterade riskindikatorerna endotoxin och bakterieenzym (som mått på total bakteriemassa) innebär exponering för luftburet avloppsvatten också att man utsätts för andra mikroorganismer såsom virus, protozoer och svampar. Det är troligt att ett mått på exponering för total bakteriemassa såsom bakterieenzym beskriver risken för exponering också för dess agens.

6 Riskvärdering – bakterie- enzym eller endotoxin?

I det dagliga arbetet är den enklaste metoden för att beskriva risken för exponering av avloppsvatten i luften att identifiera arbetsplatser där aerosolbildning kan förekomma till följd av att vattnet är i rörelse. Vid sådana arbetsplatser kan såväl mängden bakterieenzym som mängden endotoxin vara hög och de är riskområden för uppträdande av medicinska effekter.

Beträffande medicinska risker vid arbete i reningsverk har det tidigare visats att flera av de arbetsrelaterade symptom som rapporterats har ett nära samband med mängden endotoxin eller har kunnat framkallas hos personer utsatta för endotoxin. [1, 2, 3, 7]. Det är å andra sidan helt klart att vissa symptom samt medicinska fynd inte kan förklaras av endotoxin. Antikroppsmängderna mot tarmvirus bland anställda i reningsverk är ofta förhöjda vilket visar att även andra mikrobiella beståndsdelar än endotoxin är av betydelse för uppkomst av effekter.

Mätningar av mängden luftburet bakterieenzym beskriver risken för exponering för avloppsvatten i luften (aerosoler) och därmed också risken för uppkomst av symptom. Sådana mätningar är särskilt tillämpliga för att säkerställa effekten av olika tekniska åtgärder t ex installation av ventilation eller för att beskriva risken för exponering och sålunda motivera arbetstagare att vidta skyddsåtgärder. Om man påvisar låga värden bakterieenzym vid arbetsplatser där vattnet är i rörelse kan det bero på inaktivering av bakterieenzymet och det kan ändå innebära en hög exponering för endotoxin. I sådana fall kan kompletterande mätningar av endotoxin vara av värde för en fullständig värdering av exponeringsrisken.

7 Rekommendation

Mätningar av mängden luftburet bakterieenzym med glasfiberfilter kan användas för en översiktlig beskrivning av risken för exponering för avloppsvatten i luften vid arbete i reningsverk.

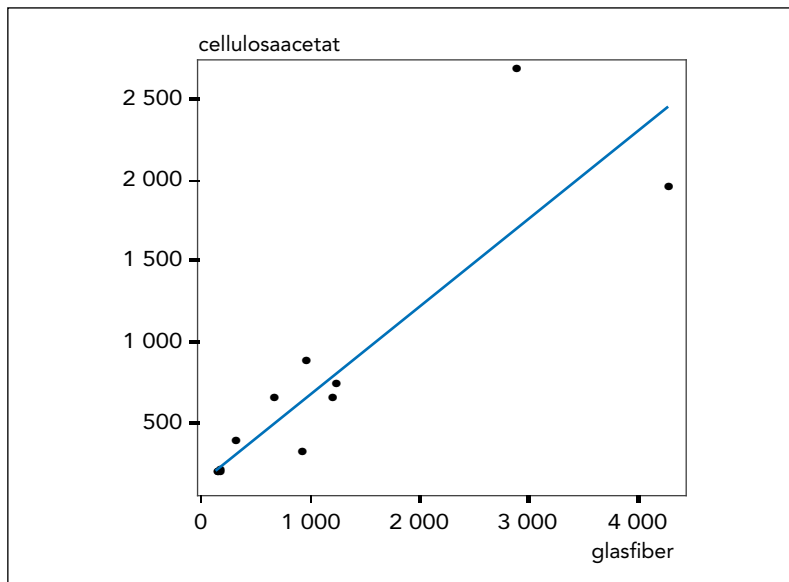
8 Referenser

1. Rylander R. Health effects among workers in sewage treatment plants. *Occup Environ Med* 1999; 56:354–357.
2. Thorn J, Beijer L. Work-related symptoms and inflammation among sewage plant operatives. *Int J Occup Environ Health* 2004; 10:84–89.
3. Thorn J, Beijer L, Rylander R. Work-related symptoms among sewage workers: a nationwide survey in Sweden. *Occup Env Med* 2002; 59 :562–566.
4. Hansen ES, Hilden J, Klausen H, Rosendahl N. Wastewater exposure and health – a comparative study of two occupational groups. *Occup Environ Health* 2001; 60:595–598.
5. Thorn J, Beijer L, Jonsson T, Rylander R. Measurements strategies for the determination of airborne bacterial endotoxin in sewage treatment plants. *Ann Occup Hyg* 2002; 46:549–554.
6. Chun DTW, Chew V, Bartlett K, et al. Second Inter-laboratory study comparing endotoxin assay results from cotton dust. *Ann Agric Environ Med* 2002; 9: 49–53.
7. Rylander R. Endotoxin and occupational airway disease. *Curr Opinions Allerg Clin Immunol* 2006; 6:62–66.

Bilaga • Metodprövningar

1 Jämförelse av olika filter

I samband med provtagningen med filter togs prov med cellulosaaacetatfilter och glasfiberfilter samtidigt på samma plats. Resultaten redovisas i Figur A-1

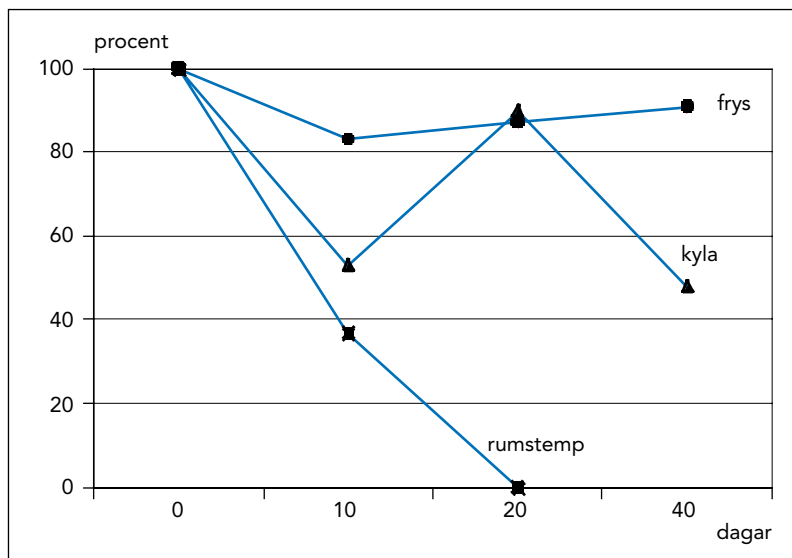


Figur A-1 Mängden bakterieenzym uppmätt med cellulosaaacetat- och glasfiberfilter.

Resultaten visade att sambandet mellan aktiviteten bakterieenzym uppmätt på glasfiber- och cellulosaaacetatfilter var god men att enzymaktiviteten uppmätt med glasfiberfilter var ca dubbelt så hög som med cellulosaaacetatfilter. Från metodologisk synpunkt spelar val av filter ingen roll men med tanke på att glasfiberfilter är att föredra vid analys av endotoxin är det en fördel om de används också vid undersökningar av bakterieenzym.

2 Lagringstid

Inverkan av lagringstid och lagringstemperatur på enzymaktiviteten visas i figur A-2.



Figur A-2 Mängden bakterieenzym efter lagring av filter vid olika temperaturer.

Resultaten visar att aktiviteten avtog snabbt vid förvaring i rumstemperatur medan värdet vid frysning av filtret var i stort sett oförändrat efter 30 dagars förvaring.



Box 47607, 117 94 Stockholm

Tel 08 506 002 00

Fax 08 506 002 10

E-post svensktvatten@svensktvatten.se

www.svensktvatten.se